

A T43644 sz. OTKA-pályázat (2003-2006) szakmai zárójelentése

1. A kutatás körülményei, személyi kérdései, előrehaladása

A négyéves OTKA-kutatás 2003 elején kezdődött. 2003-ban a projekt alapvető részét képező terepmunkát tavasz végén és a nyár folyamán sajnos még az OTKA-támogatás átutalása nélkül kezdtük meg; kisebb részben Börzsöny hegységi, döntően Visegrádi-hegységi kutatásokat folytattunk. Székely Balázs résztvevő kutatóval – egy korábbi DAAD-projekthez kapcsolódóan – Tübingenben, illetve Budapesten (ELTE) befejeztük a Börzsönyről szóló, DEM-elemzésen alapuló tanulmányunkat. A kutatótárs itt tartózkodását 2003 őszén OTKA-keretből biztosítottuk.

A Visegrádi-hegységben 2003-ban és 2004-ben kiterjedt terepmunkát végeztünk és nagyszámú adatot gyűjtöttünk. A vulkanológiai, geomorfológiai (Karátson Dávid témavezető) és őslénytani (Dulai Alfréd [Magyar Nemzeti Múzeum Őslénytára]) vizsgálatok mellett – konkrét, rövid távú együttműködések keretében – nagymennyiségű K/Ar-kormeghatározást végeztünk (Pécskay Zoltán részéről [MTA Atommagkutató Intézet]), valamint újraértékeljük, illetve kiegészítettük a hegységben mért paleomágneses eredményeket (Mártonné Szalay Emőke részéről [Eötvös Loránd Geofizikai Intézet]). 2003-ban és 2004-ben a témavezető mindezekén kívül kisebb mértékű terepmunkát, mintagyűjtést és térképezést végzett a Keleti-Mátrában is.

2004 elején egy speciális DEM (az SRTM adatbázis) felhasználásával összehasonlító térfogatszámításon alapuló kutatásokat kezdtünk (Timár Gábor közreműködésével [ELTE Űrkutató Csoport]), amelyben a hazai hegységek közül elsőként a Tokaji-hegységgel, valamint a Keleti-Kárpátok vulkáni központjaival foglalkoztunk.

A 2004/2005. tanévet a témavezető Fulbright-ösztöndíjjal az USA-ban töltötte. Ez idő alatt a témavezetői helyettesítést Telbisz Tamás kutatótárs végezte. A kitűzött feladatok időarányos teljesítése zökkenőmentesen folyt, amit az ez időszakban továbbvitt, illetve publikált tanulmányok is jeleznek (lásd a közleménylistát).

A 2005. és 2006. években tovább folytattuk a Börzsöny-visegrádi-hegységi eredmények bemutatását. Fontos munka volt a témavezető összefoglalása a Börzsöny hegységről (2006), valamint Visegrádi-hegységi és összehasonlító morfometriai eredmények publikálása nemzetközi konferenciákon, illetve nemzetközi folyóiratokban. Ezen kívül további, egy-egy részletre kiterjedő vulkanológiai kutatást végeztünk a Kelet-Mátrában és a Visegrádi-hegységben. A kutatótársak közül elsősorban Székely Balázs és Telbisz Tamás működött közre aktívan mindvégig; Németh Károly hosszabb külföldi kutatómunkája miatt az utolsó évben, Korbély Barnabás pedig PhD időszakának halasztása miatt 2005-től már nem vállalt intenzív részt a projektben. Az ELTE Földrajz-Földtudományi Intézetében ugyanakkor más PhD hallgatók (Oláh István, valamint Kósik Szabolcs) sikeresen bekapcsolódtak a kutatómunkába, amit később társszerzőségük is jelzett (publikációban, valamint konferenciariészvétel formájában, lásd a közleménylistát).

Az eredmények közzlése a projektben vállalt célkitűzésekhez tükrében 2007 elején a következőképpen foglalható össze. 1. A Börzsönyről az említett nemzetközi publikáció (DEM-elemzés eredményei), a szintén említett könyvfejezet, valamint egy kirándulásvezető révén a célkitűzések megvalósultak. 2. A Visegrádi-hegység vulkanizmusáról és annak a Dunakanyar felszínfejlődésével való kapcsolatáról nemzetközi folyóiratban már publikáltunk, a vulkanizmus részletes menetéről, rétegtanáról, ösföldrajzi-felszínfejlődési kérdéseiről pedig megjelenés alatt áll egy tanulmányunk. 3. Az Eperjes-Tokaji-hegység és a Keleti-Kárpátok (Kelemen-Görgényi-Hargita hegyvidék) összehasonlító morfometriai kutatásának eredményeit, magmaprodukciós és eróziós rátáit egy hazai, egy nemzetközi konferencián és

egy nemzetközi folyóiratban publikáltuk. 4. A Mátra hegységi eredmények a témavezető jelenleg készülő monografikus feldolgozásába épülnek be, amelyről szerződéses megállapodás született a Typotex kiadóval. 5. Valamennyi hegység negyedidőszaki felszínfejlődéséről a témavezető külön részletes tanulmányban számolt be (megjelenés alatt).

A pályázat pénzügyi részével kapcsolatban változtatásra, módosításra nem került sor, a költségkeret kihasználása apróbb eltérésektől eltekintve a tervezettnek megfelelően történt.

2. Tudományos eredmények

2.1. Börzsöny

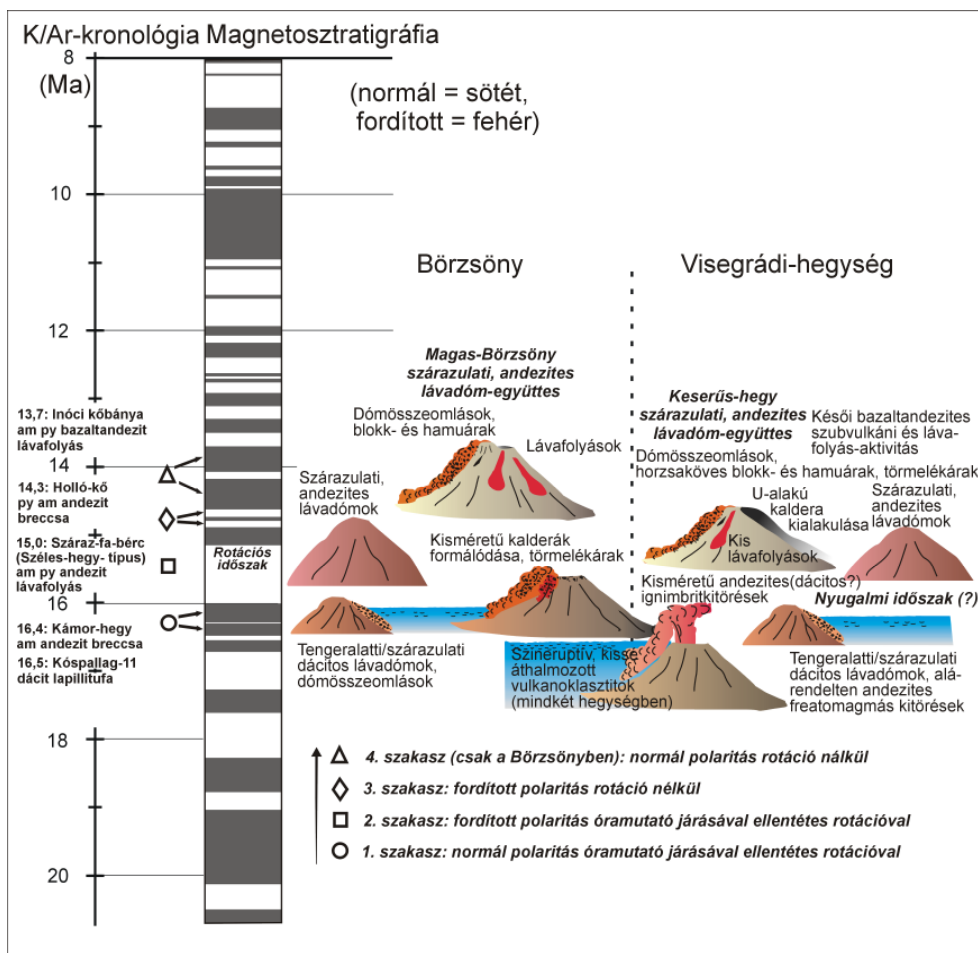
A Börzsöny területén a középső-miocén bádeni korszakában, 16,5-13,7 millió év (Ma) között, három szakaszban változatos tűzhányótevékenység zajlott. (1) A kezdeti, heves robbanásos, dácitos-riolitos vulkanizmus (a 16,5-16,0 Ma közötti normál polaritású paleomágneses időszakban) kisebb vulkáni kúpokhoz kötődött. Ezek korai vulkáni termékei a környező sekélytengeri medence viszonylag gyors feltöltődését, majd a szigettengerből való kiemelkedést tükrözik. A rekonstruált, vízalatti sűrűségárák kitöréssel egyidejű (színeruptív), többé-kevésbé áthalmozott vulkanoklasztitokat, ezen belül gyakorta piroklaszt(horzsakő)-tartalmú lapillitufákat (Kemence és Kismaros Tufa), a kitörések szünetében (illetve a peremi területeken) sekélytengeri vulkanogén homokköveket (Nagy-völgyi Vulkanogén Homokkő) raktak le. A részben ekkor, de elsősorban már a feltöltődés utáni szakaszban jellemző, a vulkáni kúpok oldalán lezúduló törmelékárak közép-durvaszemű vulkanoklasztikus breccsákat (pl. Nagy-Kő-hegy Vulkanoklasztikus Breccsa), konglomerátumokat, a nyugalmi periódusokban (illetve a kúplábi törmelékpalást peremi területein) gyakorta folyóvízi hordalékot és túlsűrű(hiperkoncentrált)ár-üledékeket raktak le. E képződmények, amelyek legjellegzetesebben az Észak-Börzsönyben fordulnak elő, a hegységből kifelé haladva fokozatos fáciesátmenetet mutatnak. A két-három korai vulkáni kúp teteje működése végén kismértékű roncsolódást, kalderásodást szenvedhetett (pl. Kemencei/Hegyháti és Nagy-Kő-hegyi kaldera). (2) A második, csendesebb vulkáni szakaszt (fordított polaritású időszakban, 16,0-14,5 Ma között) szárazulati, dácitos-andezites lávadómok és szubvulkáni testek képződése jellemezte. Az időszak közepén mintegy 30°-os nyugati irányú (óramutató járásával ellentétes) rotáció történt, a végén pedig, a hegység középső részén, intenzív hidrotermális tevékenységre került sor, amely a nagybörzsönyi ércesedést is eredményezte. (3) Legvégül, egy (vagy esetleg több) ismét normál polaritású időszakban, felépült a legnagyobb egyedi vulkáni kúp, a Magas-Börzsöny (14,5-13,7 Ma). E vulkán egy andezites, valószínűleg több krátert hordozó lávadómcsoporthoz tartozott, amely Ny-i részén korábban, D-en és K-en valamivel később működhetett. Az alárendeltebb lávafolyások mellett a vulkán rendszeres lávadóm-összeomlásai igen gyakran piroklasztikus breccsák (blokk- és hamuár-üledékek) képződéséhez vezettek. A Magas-Börzsöny mai központi mélyedésének megnyúlt alakja tektonikus mozgások, illetve mélyítő folyóvízi erózió eredménye („eróziós kaldera”). A hegységben a mai formakincset, mindenekeelőtt a völgyek irányát, illetve egyes domborzati idomok magasságát a fiatal, pleisztocén vetődéses tektonika is alapvetően meghatározta, ugyanakkor az eredeti vulkán szerkezeti formák java része még felismerhető.

2.2. Visegrádi-hegység

A Visegrádi-hegység vulkanizmusának menete az integrált vulkanológiai, kőzettani, K/Ar-radiometrikus, paleomágneses és őslénytani kutatás tükrében az alábbiakban foglalható össze. A vulkáni aktivitás három paleomágneses szakaszban ment végbe. (1) Először

alárendelten andezites freatomagmás kitörések játszódtak le, amelyeket hamarosan dácitos aktivitás követett. A gránáttartalmú, horzsaköves dácitok egy része, amelyeket ma normál polaritás és kb. 30°-os óramutató járásával ellentétes rotáció jellemez, robbanásos kitörések során, sekélytengerben rakódtak le 16 Ma ezelőtt. Másrészt tömeges dácitok is képződtek, amelyeknek felnyomulása 16 Ma után is folytatódott. Ezt követően jóval nagyobb térfogatú, jellemzően amfibolandezites, szárazulati szakasz következett. Ennek során elsősorban vulkanoklasztitok képződtek, nevezetesen blokk- és hamuárak és törmelékárak üledékei rakódtak le, emellett kisebb lávadómok is létrejöttek szubvulkáni benyomulások mellett. A fő andezites központ a Keserűs-hegy robbanásos lávadómja volt. Az andezitvulkáni sorozaton belül két paleomágneses szakasz különíthető el: (2) fordított polaritás óramutató járásával ellentétes rotációval, (3) fordított polaritás rotáció nélkül. A K/Ar-koradatok tükrében e két szakaszt egy – a fentebb említett – 30°-os nyugatias rotáció választotta el egymástól, amely 14,5-14 Ma között ment végbe, azaz az ennél idősebb kőzetek e rotációt valamennyien elszenvedték. Mint láttuk, mindhárom bemutatott paleomágneses szakasz a Börzsönyben is megvan, ott viszont kimutatható egy 4. szakasz is (normál polaritás rotáció nélkül). A Visegrádi-hegységben a három meglévő paleomágneses szakasz és a bizonytalan, kisszámú ≤ 14.0 Ma koradat alapján azt valószínűsítjük, hogy a vulkanizmus 15-14,5 Ma évvel ezelőtt véget ért, a magas-börzsönyi aktivitás előtt (lásd fentebb). A 3. paleomágneses szakaszon belül szerény mértékű bazaltandezites lávafolyások jelzik a vulkanizmus befejeződését.

2.2.

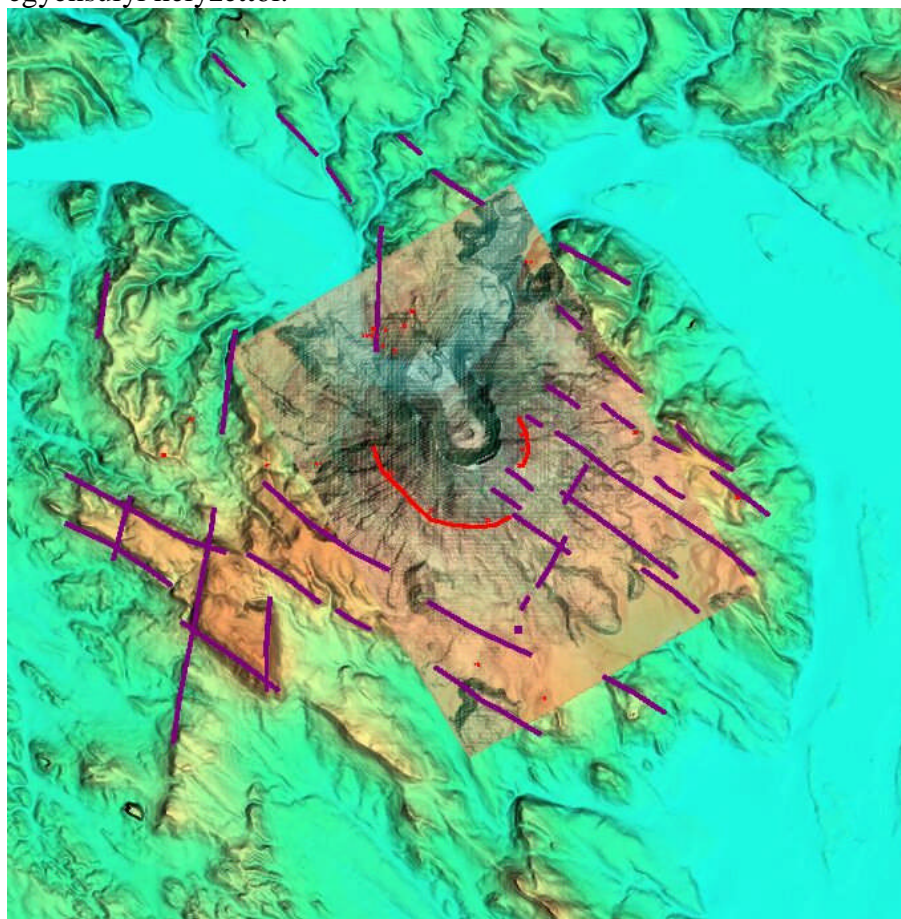


A

Dunakanyar kialakulása

Vulkángeomorfológiai és ősföldrajzi rekonstrukciónk szerint a jelenlegi, alaprajzban U alakú Dunakanyar a visegrádi oldali, középső-miocén (kb. 15 millió év K/Ar korú) Keserűs-

hegyi vulkán észak felé nyitott ún. lópatkó-kalderájának átöröklődésével jött létre. Ez a folyamat akkor vehette kezdetét, amikor a vulkáni fedőüledékek - feltehetően a pleisztocénban megjelenő, illetve megújuló tektonikus mozgások, kiemelkedés következtében - lepusztulásnak indultak, részben éppen a Duna intenzív bevágó tevékenységének hatására. Az Ős-Duna vagy más kárpáti ősfolyók korábban, a pliocénban-pleisztocénban az előtéri, fedőüledékekkel kitöltött síkságon meanderezhettek. A Dunakanyar futását, alakját a fedőüledékekkel részben szintén eltemetett, most viszont kipreparálódó U alakú kaldera, ennek előterében a Szent Mihály-hegy posztkaldera lávadóm, északkeleten pedig a visegrádi Várhegy (egy lávadómot sapkaként fedő törmeléklavina-üledék) jelölték ki. A Pannon-medence süllyedése és/vagy jelentős tektonikus emelkedés hatására e folyamat különösen a középső-késő pleisztocéntól erősödött fel. A Duna, lépést tartva a medencesüllyedéssel/tektonikus kiemelkedéssel, végeredményben 200-300 m mély teraszos völgyet vésett ki. Munkánkban – hosszútávú eróziós ráták alapján – a Keserű-hegyi vulkán részbeni eltemetődését, illetve kiemelkedését és lepusztulását lépésről-lépésre vizsgáltuk, számszerűsítettük. A fiatal, jelenleg is tartó medencesüllyedés és/vagy függőleges tektonikus mozgások arra figyelmeztetnek, hogy a jelenlegi geomorfológia messze van még a nyugalmi, egyensúlyi helyzettől.



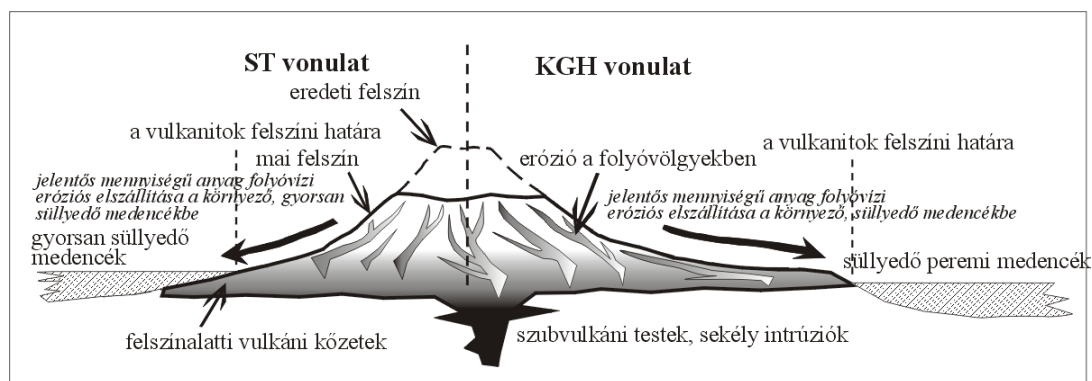
2.3. Összehasonlító térfogatszámítások a Keleti-Kárpátok és az Eperjes-Tokaji-hegység vulkáni vonulatában

Az SRTM magassági adatbázis felhasználásával pontos térfogatértékeket tudunk számítani a belső-kárpáti vulkáni vonulat két tagjára, a Kelemen-Görgényi-Hargita (KGH) és a Szalánci-Tokaji-hegységi (ST) szakaszokra. A vulkanitok felszíni elterjedése és felszínalatti geológiai információk alapján háromféle térfogatot számoltunk: (1) a vulkáni felépítmények

(kúp és törmelékpalást) felszíni határa által kijelölt térfogatot, (2) geológiai keresztmetszvények és geofizikai adatok alapján a felszínalatti (részint eltemetődött) vulkanitok járulékos térfogatát, (3) jellegzetes szelvények segítségével a völgyekből hiányzó, folyóvízi erózióval lepusztított térfogatot.

Számításaink szerint a vulkáni kőzetek teljes eredeti térfogata a két vizsgált területen 2213 km³-nek adódik, ezen belül a KGH vonulat mintegy háromszor akkora (1563 km³), mint az ST (640 km³). Utóbbiban a felszínalatti tömegek jóval nagyobbak, mivel a KGH területén. A KGH-ban, amelyet a ST-hez képest lassabban süllyedő medencék határolnak és a vulkáni palást határa általában morfológiai kiemelkedést alkot, a vulkanitok felszíni határa megbízható információt ad a térfogatszámításhoz.

Az egyes vulkáni felépítmények térfogata 104 and 47 km³ a KGH, illetve a Szalánci-hegységi szakaszokban. Ezek más tűzhányóterületekkel összehasonlítva kis-közepes értékeknek számítanak. Ugyanakkor a KGH legnagyobb vulkáni felépítményei elérik a szubdukciós övek nagy rétegvulkánjainak méretét. Az átlagos magmakibocsátási ráta mindkét vonulatban nagyon hasonló, 165,5 km³/Ma ($\pm 10\%$), amely közepes méretű aktivitásnak felel meg szubdukciós övekben. A vulkáni tevékenység 1 km hosszú szakaszra és 1 Ma időre vetített migrációs rátája 3,0 km³/Ma körül mozog mind a KGH, mind a ST vonulatban, és a legkisebb értéket a vonulatzáró, legfiatalabb Dél-Hargitában mutatja.



2.4. Kelet-Máttra

A Máttra-hegység rekonstrukciójában korábban kimutattuk, hogy a hegység Ny-i részének elsődleges vulkáni formáit a szin- és posztvulkáni tektonikus mozgások nagymértékben elroncsolták. A Galya-tetőtől közvetlenül D-re (Csukás-, Cseternás-p.) erősen lepusztult krátermaradvány rekonstruálható. Keletebbre, a K-Mátrában szintén megtaláljuk az elsődleges formákat, a korábbi kutatások során azonosított két krátermaradványt (Kékes-, illetve Nagy-Szár-hegyi-kráter). Míg a Galya-tető térségétől Ny-ra a domborzat nem az elsődleges vulkáni formakincset tükrözi, hanem nagyléptékű tektonikus folyamatok hatására átalakult, a K-i részen lávaömlések, szerény mértékű, Stromboli típusú kitorések és törmelékárak voltak a jellemző folyamatok. Ezeknek anyagát ma számos helyen megfigyelhetjük. Az egész hegységet, így a K-i részt is érintette a Darnó elnyíródási öv, amelyhez igazodóan a hegység főgerince kiemelkedett, illetve É-i peremén csuszamlásos morfológia alakult ki, ám ez itt az elsődleges formákat viszonylag épen hagyta.